

17 MAY 2005

PCT/EPO 3 / 1 2 5 5 1

13 NOV 2003

# Ministero delle Attività Produttive

Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività

Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

Ufficio G2

REC'D 05 JAN 2004

WIPO

Invenzione Industrial

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per

N. TO2002-A 001009



*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali  
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati  
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Roma, li 7 AGO. 2003

IL DIRIGENTE  
Ing. DI CARLO

BEST AVAILABLE COPY

AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

MODULO A

marca  
da  
bollo

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO

A. RICHIEDENTE (1)

TELECOM ITALIA LAB S.p.A.

N.G.

1) Denominazione

Residenza

TORINO

codice

00527779910

2) Denominazione

Residenza

codice

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome nome

BOSOTTI LUCIANO ed altri

cod. fiscale

denominazione studio di appartenenza

BUZZI, NOTARO & ANTONIELLI d'OUX SRL

via

VIA MARIA VITTORIA

n. 18

città TORINO

cap

10123

(prov)

TO

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via

n.

città

cap

(prov)

D. TITOLO

classe proposta (saz/di/sci)

gruppo/sottogruppo

"PROCEDIMENTO, SISTEMA E PRODOTTO INFORMATICO PER LA GESTIONE DELLA TRASMISSIONE DI PACCHETTI DI INFORMAZIONE IN UNA RETE DI TELECOMUNICAZIONI"

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO: SI ☐ NO ☒

SE ISTANZA: DATA

N° PROTOCOLLO

E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

1)

BAIAMONTE, Valeria

3)

2)

FRANCESCHINI, Daniele

4)

F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegato  
S/R

SCIoglimento RISERVE

Data

N° Protocollo

1)

2)

G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA CULTURE DI MICROORGANISMI, denominazione

H. ANNOTAZIONI SPECIALI

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1)

2

PROV

n. pag

52

riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare) .....

Doc. 2)

2

PROV

n. tav

13

disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare) .....

Doc. 3)

1

RIS

lettera d'incarico, procura e riferimento procura generale AUTOCERTIFICAZIONE

Doc. 4)

1

RIS

designazione inventore .....

Doc. 5)

1

RIS

documenti di priorità con traduzione in italiano .....

Doc. 6)

1

RIS

autorizzazione o atto di cessione .....

Doc. 7)

1

nominativo completo del richiedente

8) attestati di versamento, totale lire

€ QUATTROCENTOSETTANTADUE/56 (€ 472,56)

obbligatorio

COMPILATO IL 19/11/2002

FIRMA DEL(I) RICHIEDENTE (I)

Ing. Luciano BOSOTTI

CONTINUA SI/NO

NO

N. indic. ALBO 260

DEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA SI/NO SI

In proprio e per gli altri

CAMERA DI COMMERCIO I. A. A. DI

TORINO

VERBALE DI DEPOSITO

NUMERO DI DOMANDA

TO 2002A 001009

codice

L'anno millenovecento

DUEMILADUE

il giorno VENTI

del mese di NOVEMBRE

il(i) richiedente(i) sopraindicato(i) ha(hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda, corredata di n. fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto sopraindicato.

I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIALE ROGANTE

IL DEPOSITANTE

L'UFFICIALE ROGANTE

C.C.I.A.A.  
Torino

Mirella CAVALLARI  
CATEGORIA C

RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE

PROSPETTO A

NUMERO DOMANDA

NUMERO BREVETTO

TO 2002A 001009

DATA DI DEPOSITO 20 11 / 2002

DATA DI RILASCIO

A. RICHIEDENTE (I)

Denominazione Telecom Italia Lab S.p.A.

Residenza Torino

D. TITOLO

"Procedimento, sistema e prodotto informatico per la gestione della trasmissione di pacchetti di informazione in una rete di telecomunicazioni"

Classe proposta (sez./cl./scl)

(gruppo/sottogruppo)

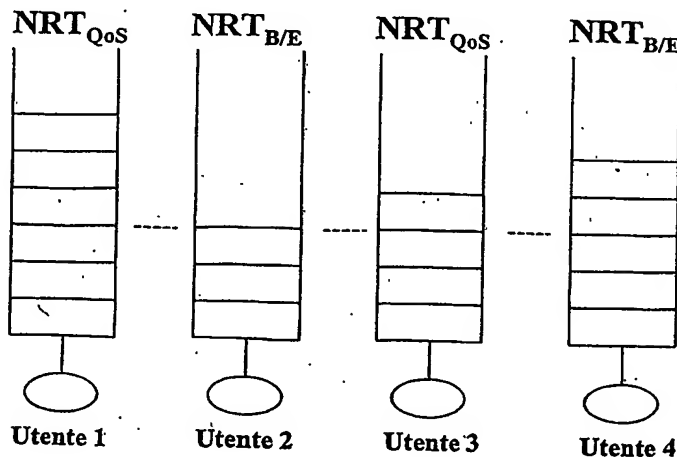
L. RIASSUNTO

Per gestire la trasmissione di pacchetti di informazione su canali di una rete di telecomunicazioni, si organizzano i pacchetti in code di utente ricevute in rispettivi buffer, rilevando il livello di occupazione dei buffer stessi. Gli utenti sono ordinati in rispettive classi (RT, NRT) identificate dalle modalità di servizio richieste. Rilevate le condizioni di propagazione sul canale di trasmissione rispettivamente associato a detti utenti si determina la priorità nella trasmissione dei pacchetti, scegliendo l'ordine con cui vengono visitate le rispettive code in funzione di:

- una priorità di primo livello, legata all'appartenenza degli utenti alle rispettive classi di servizio (RT, NRT),
- una priorità di secondo livello, legata ad almeno un parametro scelto fra il livello di occupazione del rispettivo buffer e le condizioni di propagazione del rispettivo canale.

(Figura 3)

M. DISEGNO



Ordine di visita

1	3	4	2
---	---	---	---

Fig. 3



**DESCRIZIONE** dell'invenzione industriale dal titolo:

"Procedimento, sistema e prodotto informatico per la gestione della trasmissione di pacchetti di informazione in una rete di telecomunicazioni"

di: Telecom Italia Lab S.p.A., nazionalità italiana,  
Via G. Reiss Romoli, 274 - 10148 Torino

Inventori designati: Valeria BAIAMONTE e Daniele  
FRANCESCHINI

Depositata il: 20 novembre 2002

**TO 2002A 001009**

\* \* \*

**TESTO DELLA DESCRIZIONE**

**Campo dell'invenzione**

La presente invenzione si riferisce alle tecniche per la gestione della trasmissione di pacchetti di informazione in una rete di telecomunicazioni.

L'invenzione è stata sviluppata portando particolare attenzione alla possibile applicazione della stessa alla funzione di schedulazione dei pacchetti (Packet Scheduling) nella gestione delle risorse radio (Radio Resource Management o RRM) in una rete di comunicazione mobile, quale ad esempio una rete operante secondo lo standard denominato Universal Mobile Telecommunications System o UMTS.

Per semplicità di illustrazione, nel seguito della presente descrizione si farà pressoché

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OLIX  
s.r.l.

costante riferimento a tale possibile campo di applicazione. Si apprezzerà peraltro che la portata dell'invenzione è affatto generale e dunque non limitata a tale specifico contesto applicativo.

A titolo di premessa generale alla descrizione della tecnica nota, dei problemi posti alla base dell'invenzione e della soluzione qui proposta appare utile riassumere alcune caratteristiche essenziali dell'ambito tecnico in cui l'invenzione si inserisce.

Nella rete di accesso radio del sistema UMTS, basata sull'interfaccia radio WCDMA (acronimo per Wide Band Code Division Multiple Access), è fondamentale l'ottimizzazione della potenza trasmessa al fine di mantenere i livelli di interferenza più bassi possibile. E' infatti fondamentale attuare una gestione delle risorse radio in modo che sia rispettata la qualità di servizio (QoS) e si garantisca uno sfruttamento efficiente delle risorse messe a disposizione del sistema.

In sostanza, a partire dal carico a livello uplink ed a livello downlink, è possibile definire differenti stati della rete e definire in modo corrispondente adeguate strategie di gestione.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI DOULX  
s.r.l.

Lo schema a blocchi funzionale della figura 1 rappresenta in termini generali l'architettura di gestione delle risorse radio (Radio Resource Management o RRM) nel contesto applicativo descritto.

Le funzioni ed i relativi acronimi riportati nella figura devono ritenersi del tutto noti ai tecnici esperti del settore e quindi tali da non richiedere una descrizione particolareggiata in questa sede.

Ciò vale in particolare per le funzioni identificate dai moduli S-RNC (Serving Radio Network controller), C-RNC (Controlling Radio Network Controller), Node B e UE e le interfacce Iur, Iub e Uu fra di essi interposte.

I blocchi funzionali evidenziati nella figura 1 sono i seguenti:

- gestione dei pacchetti o Packet Management (PM),
- commutazione del tipo di canale di trasporto o Transport Channel Type Switching (TCTS),
- schedulazione dei pacchetti o Packet Scheduling (PS),
- gestione del cosiddetto Radio Access Bearer (RAB) o RAB Management (RABM),
- controllo di accesso o Admission Control (AC),

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OULX  
s.r.l.

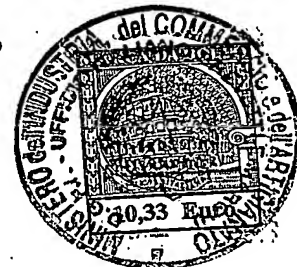
- controllo della congestione o Congestion Control (CC),
- misure comuni o Common Measurements (CM),
- misure dedicate o Dedicated Measurements (DM),
- valutazione selezione/riselezione cella o Cell Sel/Resel Evaluation (CSRE), e
- misurazione frequenze inter/intra o Inter/Intra Frequency Measurements (IIFM).

Così come già si è detto, l'architettura di gestione delle risorse radio (RRM) rappresentata nella figura 1 corrisponde a criteri generali di funzionamento del tutto noti nella tecnica dunque tali da non richiedere una descrizione particolareggiata in questa sede se non nei termini che verranno riprodotti nel seguito.

In ogni caso, le procedure che compongono l'architettura della figura 1 sono illustrate in dettaglio in:

- Harri Holma e Antti Toskala, "WCDMA for UMTS: radio access for third generation mobile communications", Wiley /& Sons Ltd 2001", e
- 3GPP TR 25.922 V3.7.0 (2002-03) Technical Report 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Radio resource management strategies.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OULX  
s.r.l.



Gli algoritmi che regolano il funzionamento delle entità di gestione sopra evidenziate possono cooperare per effettuare al meglio l'amministrazione delle risorse. Maggiore è la cooperazione e l'interoperabilità, più efficienti risultano il meccanismo di gestione, lo sfruttamento della potenza a disposizione e l'utilizzazione delle risorse. Lo standard 3GPP non specifica il modo in cui tali relazioni possano massimizzare le prestazioni del sistema.

Il sistema UMTS ha la capacità di offrire un grande numero di servizi a valore aggiunto. In questo scenario i servizi a commutazione di pacchetto rivestono un importante ruolo, in costante aumento nel campo delle comunicazioni cellulari. L'applicazione dei servizi dati ai sistemi cellulari richiede il trasferimento di uno o più pacchetti attraverso link radio. I servizi a commutazione di pacchetto nello standard UMTS sono caratterizzati da connessioni fra la rete e gli utenti mobili attraverso l'instaurazione di canali appropriati, la cui tipologia dipende dal tipo di servizio.

#### Descrizione della tecnica nota

Come già si è detto, lo standard UMTS non specifica alcuna strategia di schedulazione dei pacchetti o packet scheduling.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.



In generale, le attuali proposte di tecniche di packet scheduling focalizzano la loro attenzione su uno solo dei seguenti tre punti:

- rispetto dei requisiti di qualità del servizio (QoS) ad esempio in termini di ritardo e velocità minima consentita;
- massimizzazione del throughput;
- sfruttamento totale della potenza a disposizione.

Nel volume "Radio Network Planning and Optimisation" di J. Laiho et al., John Wiley & Sons, Ltd., 2001 è descritta una soluzione per allocare la capacità agli utenti packet switched (PS) in una rete radio. In particolare, dopo l'allocazione di un nuovo utente PS si effettua la stima del carico al fine di comprendere se c'è ancora capacità disponibile, o se, al contrario, è stata superata la soglia di carico massimo ed è dunque necessario un ridimensionamento o il rilascio delle risorse.

Nello stesso documento sono presentate due tipologie di scheduling, l'una basata sulla divisione di codice, che tende a far trasmettere contemporaneamente più utenti assegnando loro basse velocità di trasmissione, e l'altra basata sulla divisione di tempo, che tende a far trasmettere un utente alla volta. Questo modo di operare non

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

permette però di ottimizzare lo sfruttamento delle risorse trasmissive a disposizione.

In US-A-6 374 117 sono descritti un procedimento ed un sistema per controllare un livello di potenza di trasmissione sulla scorta del ritardo di accodamento dei pacchetti nell'ambito di un sistema radio per la trasmissione di dati. Seguendo questo approccio, il throughput nella trasmissione dei pacchetti dati può essere migliorato per determinati collegamenti facendo riferimento al ritardo di accodamento: in pratica, ai pacchetti dati che sono stati soggetti ad un notevole ritardo di accodamento viene attribuito un collegamento di qualità più elevata aumentando la loro potenza di trasmissione. La scelta se dare priorità o no a determinati pacchetti aumentandone la potenza di trasmissione può essere fatta, ad esempio, sulla base del profilo di qualità di servizio di un utente. Questo modo di procedere prevede che, quando il ritardo comincia ad aumentare, si determini un incremento della potenza per migliorare la qualità. Questo intervento è però suscettibile di aver effetti negativi in termini di interferenza.

In "A scheme for throughput maximization in a dual class CDMA System" di S.Ramakrishna e J.M.Holtzman, IEEE Journal on Selected Areas in

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUX  
s.r.l.

Communications, Volume 16; issue 6, Aug.1998, pp. 830-844, è condotto uno studio che dimostra la validità di uno schema CDMA che utilizza un algoritmo di packet scheduling in uplink distinguendo tra due classi di priorità o di utenti ossia utenti "delay-tolerant" e utenti "delay-intolerant". La procedura proposta si pone come obiettivo prioritario la sola massimizzazione del throughput, trascurando gli altri aspetti considerati in precedenza.

L'obiettivo perseguito dalla procedura di scheduling proposta in "A QoS Oriented Bandwidth Scheduling Scheme on 3G WCDMA Air Interface" di D.Tian, J.Zhu; 2001 International Conference on Info-tech and Info-net, 2001 Proceedings ICII 2001 - Beijing; Volume 2, pp.139-144 è l'allocazione delle risorse sulla base della distinzione degli utenti in classi di Priorità, focalizzando quindi l'attenzione sui requisiti della qualità di servizio. Non si pone attenzione, invece, al problema dell'ottimizzazione nell'allocazione delle risorse a disposizione della cella.

In "Resource Allocation and Scheduling Schemes for WCDMA Downlinks" di R.Vannithamby, E.S.Sousa; IEEE International Conference on Communications, 2001;

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OULX  
s.r.l.



ICC 2001, Volume 5; pp.1406-1410 è presentato uno studio che si propone come obiettivo principale quello dell'allocazione delle risorse per la tratta in downlink sulla base della potenza che è assegnata ad ogni singolo mobile alla stazione base. Questa rappresenta il parametro critico su cui si basa l'assegnazione dei rate degli utenti. Non viene però considerato il problema della massimizzazione del throughput e della minimizzazione del delay.

#### Scopi e sintesi dell'invenzione

La presente invenzione si prefigge lo scopo di fornire una soluzione per la gestione dei pacchetti in una rete di telecomunicazioni tale da superare gli inconvenienti intrinseci delle soluzioni secondo la tecnica nota cui si è fatto riferimento in precedenza.

Secondo la presente invenzione, tale scopo viene raggiunto grazie a quanto indicato in modo specifico nelle rivendicazioni che seguono.

In particolare, si apprezzerà che la presente invenzione è prospettabile tanto in termini di procedimento, quanto in termini di sistema, quanto ancora in termini di prodotto informatico direttamente caricabile nella memoria di un elaboratore digitale e suscettibile di attuare le fasi di un procedimento secondo l'invenzione quando

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUX  
s.r.l.

il prodotto informatico è eseguito su un elaboratore digitale.

Oltre ad integrarsi correttamente all'interno dell'architettura di gestione delle risorse radio (RRM) ponendo particolare attenzione ai protocolli previsti dai livelli radio delle reti di comunicazione mobile (quali quelle operanti secondo lo standard UMTS), la soluzione di gestione della trasmissione a pacchetto qui descritta consente di integrare gli algoritmi di schedulazione dei pacchetti (Packet Scheduling o PS) e di commutazione del tipo di canale di trasporto (TCTS) ponendo la massima attenzione ad un complesso articolato di requisiti e non a singoli requisiti.

#### Breve descrizione dei disegni annessi

L'invenzione sarà ora descritta, a puro titolo di esempio non limitativo, con riferimento ai disegni annessi, nei quali:

- la figura 1, relativa all'architettura di gestione delle risorse radio in una rete mobile a pacchetto e di per sé relativa tanto alla tecnica nota quanto alla soluzione secondo l'invenzione, è già stata descritta in precedenza e verrà ulteriormente descritta nel seguito,

- la figura 2 illustra la possibile variazione della capacità occupata dagli utenti di una cella di

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUXX  
s.r.l.

un sistema di comunicazione mobile in funzione del tempo,

- la figura 3 illustra un esempio di determinazione dell'ordine di visita delle code in una soluzione secondo l'invenzione,

- la figura 4 è un diagramma a stati che descrive una procedura suscettibile di essere attuata nell'ambito della presente invenzione, e

- le figure 5 e 6 illustrano, sempre nello stesso contesto applicativo dell'invenzione, situazioni in cui un volume di traffico eccede una soglia superiore assoluta oppure scende al di sotto di una soglia inferiore assoluta.

#### Descrizione particolareggiata di esempi di attuazione dell'invenzione

Facendo riferimento allo schema funzionale della figura 1, lo scopo principale della funzione di gestione dei pacchetti o Packet Management PM è di ottimizzare la trasmissione a pacchetto sull'interfaccia radio del relativo sistema (da ritenersi del tutto nota).

In generale, nel contesto applicativo della figura 1, è possibile specificare le misure effettuate nei Node B e riportate al C-RNC attraverso il protocollo N-Bap, via interfaccia Iub.

Le misure sono:

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

- RTWP (Received Total Wideband Power), definita come la potenza ricevuta sull'intera banda, incluso il rumore generato dal ricevitore all'interno della banda definita dal filtro di ricezione;
- Transmitted carrier power: è definita come il rapporto tra la potenza totale trasmessa e la massima potenza in trasmissione.

In funzione dei valori di tali misure, è possibile definire almeno tre diversi stati operativi:

- funzionamento normale, che si ha quando le seguenti due condizioni sono simultaneamente verificate:

⇒  $(RTWP/Thermal\ Noise\ Power) < = 70\%$  of the maximum Noise\_Rise on the uplink;

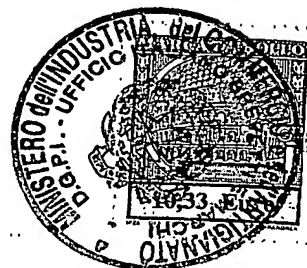
⇒ Transmitted Carrier Power  $< = 70\%$ ;

- funzionamento in condizioni di allerta, che si ha quando è verificata almeno una delle seguenti due condizioni (rispettivamente per uplink e downlink):

⇒  $70\%$  of the maximum Noise\_Rise on the uplink  $< = (RTWP/Thermal\ Noise\ Power) < = 90\%$  of the maximum Noise\_Rise on the uplink;

⇒  $70\% < = Transmitted\ Carrier\ Power < = 90\%$  ;

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUX  
s.r.l.



- funzionamento pre-congestione, che si ha quando è verificata almeno una delle seguenti due condizioni (rispettivamente per uplink e downlink):

⇒ 90% of the maximum Noise\_Rise on the uplink ≤  
 (RTWP/Thermal Noise Power) < = maximum  
 Noise\_Rise on the uplink;

⇒ 90% ≤ Transmitted Carrier Power < = 100%.

Le definizioni in lingua inglese sopra riportate sono quelle correnti, ben note ai tecnici del settore. Si apprezzerà inoltre che i valori di 70% e 90 % riportati in precedenza hanno carattere puramente esemplificativo e possono essere modificati dall'operatore.

La tabella qui sotto riprodotta si riferisce a varie classi di servizi suscettibili di essere gestiti in un contesto quale un contesto UMTS.

Classe di traffico	Classe Conversazionale (RT Conversazionale)	Classe Streaming (RT Streaming)	Classe Interattiva (Interattivo best-effort)	Background Background (best-effort)
Esempio di applicazione	fonia, video	-facsimile (NT) -streaming audio e video	Browsing su rete (Web)	Scaricamento di posta elettronica in background

BUZZI, NOTARO &  
 ANTONIELLI D'OUXX  
 s.r.l.



Tali servizi dimostrano diverse caratteristiche in termini di qualità di servizio o QoS.

Le caratteristiche fondamentali dei servizi in classe conversazionale sono date dall'esigenza di conservare certe relazioni temporali fra le entità informative del flusso e garantire il rispetto di un valore massimo di ritardo.

Nel caso dei servizi di classe streaming risulta necessario mantenere le relazioni temporali fra varie entità informative del flusso, ma in generale le esigenze in termini di ritardo sono meno pressanti rispetto ai servizi di classe conversazionale.

Nel caso dei servizi di classe interattiva, di solito ispirati ad una generale configurazione richiesta-risposta, un requisito essenziale è quello di conservare il contenuto informativo o payload.

Nel caso dei servizi di background i requisiti sono ancora meno stringenti, dal momento che, ferma restando l'esigenza di conservare il contenuto del carico pagante, il destinatario non ha in generale particolari attese in termini di tempo di recapito.

In termini generali, ci si rende conto del fatto che la funzione di Packet Management PM è in grado di sfruttare il fatto che, nell'ambito dei servizi a pacchetto, è necessario assicurare in ogni caso una

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

bassa percentuale d'errore sui dati mentre, almeno per alcuni servizi, è possibile tollerare una certa quantità di ritardo.

Inoltre, taluni servizi della classe interattiva o background (così come definiti in un contesto 3GPP UMTS), quali il servizio di browsing su Internet o il servizio di posta elettronica, sono essenzialmente servizi best-effort, per i quali non viene garantito alcun livello specifico di bit-rate.

Da questo punto di vista, le caratteristiche di tolleranza nei confronti del ritardo e la natura best-effort di taluni di questi servizi possono essere utilizzati con un certo grado di flessibilità al fine di ridurre le interferenze e ottimizzare in modo corrispondente la capacità.

Come evidenziato nella figura 1, la funzione di gestione dei pacchetti PM è a sua volta suddivisa in due entità funzionali principali, ossia:

- la schedulazione dei pacchetti o PS, e
- la commutazione del tipo di canale di trasporto o TCTS.

La funzione principale assolta dalla schedulazione dei pacchetti è quella di gestire la trasmissione dei pacchetti dei servizi supportati sui link di DCH (canale dedicato) così da ottimizzare l'interfaccia radio.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUXX  
s.r.l.

Lo scopo principale della funzione di commutazione del tipo di canale di trasporto è quella di monitorare le caratteristiche di trasmissione di ciascun collegamento provvisto dalla funzione di schedulazione dei pacchetti così da comandare selettivamente la transizione dal canale comune ad un canale dedicato o viceversa.

Il modulo di gestione dei pacchetti (packet management) PM gestisce la schedulazione dei pacchetti sulla tratta in downlink: i parametri significativi, che pongono un limite alla disponibilità delle risorse del sistema, sono quindi i seguenti:

- potenza massima che la stazione base può erogare;
- mancanza di perfetta ortogonalità tra i codici assegnati agli utenti; e
- interferenza proveniente dalle altre celle, avvertita dai ricevitori degli UE.

Il modulo PM si preoccupa di gestire ed ottimizzare la totalità della trasmissione a pacchetto, sia quella relativa ai servizi che richiedono l'invio di pacchetti lunghi e poco frequenti (Web browsing), sia quella relativa a servizi come la posta elettronica, ftp in cui viene trasmessa per un breve periodo di tempo una grossa

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.



quantità di pacchetti lunghi, sia servizi in cui sono sufficienti pochi pacchetti brevi (chat, SMS).

Le relative funzioni risiedono da un punto di vista architetturale nel Serving-RRM, insieme al modulo TCTS ed al modulo RABM.

L'RRM è detto "serving" perché rappresenta l'insieme delle procedure di gestione che si trovano all'interno del serving-RNC (S-RNC). Questa collocazione gli permette di avere a disposizione tutte le informazioni relative agli utenti registrati nei Node-B che appartengono all'RNC, al tipo di connessione radio da questi richiesta ed instaurata dalla rete.

Di preferenza, la procedura di scheduling all'interno del modulo PM che gestisce la trasmissione sul canale dedicato DCH agisce come descritto di seguito quando la situazione di carico della rete, secondo le definizioni date in precedenza, è quella di funzionamento normale.

Nell'esempio di attuazione al momento preferito, la procedura si serve, per le sue decisioni, di:

- informazioni di traffico relative al numero di connessioni RT (real time) attive e alle loro caratteristiche di velocità di trasferimento e rapporto segnale/interferenza (SIR) perseguito come obiettivo o  $SIR_{target}$ ;

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

- informazioni relative alle connessioni dati su canale dedicato che vengono instaurate e alle loro caratteristiche di velocità di trasferimento, valore di  $SIR_{target}$  e tipo di servizio richiesto;
- informazioni sui formati di trasporto (Transport Format o TF) associati a ciascuna connessione dati su canale dedicato; e
- occupazione dei buffer di livello RLC (Radio Link Control) in termini di quantità di byte ancora da trasmettere.

Lo standard, così come è possibile apprendere dalla specifica 3GPP-25.322 Technical Specification Group Radio Access Network; Radio Link Control (RLC) protocol specification (Release 1999), prevede, come protocolli dell'accesso terminati nel Serving RNC, per canali DCH, i livelli:

- L1 (fisico),
- MAC (Medium Access Control)
- RLC (Radio Link Control), e
- RRC (Radio Resource Control), solo piano controllo.

L'esempio di architettura RRM qui illustrato impiega i protocolli previsti dallo standard per implementare la sue strategie.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OULX  
s.r.l.

Le prime tre tipologie di informazioni sono dunque direttamente reperibili all'interno del Serving-RNC; per quanto riguarda invece la conoscenza della quantità da trasmettere, mediante un opportuno interlavoro fra RLC, MAC e RRC, i valori di occupazione dei buffer di livello RLC (buffer occupancy) possono essere resi disponibili al livello MAC e quindi (mediante interlavoro tra i due livelli) al livello RRC in cui risiede la parte decisionale della procedura di scheduling.

Le fasi principali della procedura qui descritta sono essenzialmente tre:

- stima della capacità residua;
- determinazione delle priorità;
- assegnazione delle risorse.

La procedura risiede, per quel che riguarda il calcolo relativo alla capacità residua e la determinazione delle priorità (primi due punti), a livello RRC nel serving-RRM.

Così come sarà spiegato nel seguito, l'assegnazione delle risorse valuta il rate da assegnare a ciascun utente e di conseguenza assegna il formato di trasporto, ossia quanti transport block prelevare dal buffer ad ogni intervallo di trasmissione o TTI). Tale funzione risiede sempre nel serving RRM.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'IOULX  
s.r.l.

Il modulo PS persegue, tra i vari obiettivi, quello dell'ottimizzazione nell'uso della risorsa, assicurando un utilizzo efficiente della capacità completa della cella. Il modulo PS deve essere capace, attraverso la conoscenza delle caratteristiche dei servizi supportati nella cella e del numero di utenti attivi, di calcolare la capacità residua lasciata libera dai servizi real time cui è riconosciuta priorità massima, capacità residua lasciata a disposizione di servizi a pacchetto.

Per la stima della suddetta capacità residua è possibile ricorrere a varie soluzioni note nella tecnica. Tutto questo tenuto in conto il fatto che, quanto più accurata è tale stima, tanto migliori sono i risultati conseguibili in sede di allocazione della capacità residua.

A titolo di esempio, tale capacità residua può essere determinata notando che al fine di supportare correttamente un dato servizio, deve essere soddisfatta la seguente relazione:

$$\left[ \frac{E_b}{N_0} \right]_{j,k} = \frac{W}{I_{j,k} I_{int,k} + I_{ext,k} + \eta_0 W} \geq \gamma \quad j=1 \dots N$$

dove:

$\Rightarrow W$  è il chip rate, pari ad esempio a 3.84 Mchip/sec;

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.



$\Rightarrow P_{jk}$  è la potenza allocata per ogni singolo utente  $j$  nella cella  $K$ ;

$\Rightarrow r_{jk}$  è il bit rate dell'utente  $j$  nella cella  $k$ ,

$\Rightarrow I_{int,k}$  è l'interferenza intracella della cella  $k$ ,

$\Rightarrow I_{exit,k}$  è l'interferenza intercella;

$\Rightarrow \eta_0$  è la densità spettrale di rumore termico;

$\Rightarrow \gamma_j$  è  $L'E_b/N_0$  target per supportare il servizio richiesto dall'utente  $j$ ;

$\Rightarrow h_{jk}$  è l'attenuazione di tratta (path loss).

Poiché la tecnica di schedulazione qui illustrata si focalizza sulla trasmissione sulla tratta in downlink, la descrizione che seguirà si focalizzerà su tale tratta.

Il carico della cella in downlink può essere espresso come:

$$\eta_{DL} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{1 + \frac{W}{I_{i,k} \gamma_i}} ((1 - \alpha_i) + f)$$

dove  $f$  rappresenta il rapporto tra l'interferenza intercella e l'interferenza intracella misurato al ricevitore di ogni user equipment o UE e  $\alpha_i$  è il fattore d'ortogonalità, un parametro che tiene in considerazione la perfetta ortogonalità tra i codici assegnati agli  $N$  utenti.

La formula può essere semplificata considerando un valore medio di  $\alpha_i$  e di  $f$ :



$$\overline{\eta_{DL}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{1 + \frac{W}{R_{i,k} \gamma}} \left( (1 - \overline{\alpha}) + \overline{f} \right)$$

Il modulo PS è organizzato e agisce secondo una struttura temporale discreta basata sul tempo di scheduling  $T_s$ . Il tempo  $T_s$  scandisce la ripetizione di tutti i calcoli e le azioni proprie della procedura.

Quest'ultima calcola per ogni scheduling time  $T_s$  la capacità che può essere utilizzata per servizi a pacchetto.

Il carico massimo è una soglia stabilita dall'operatore e definisce la capacità massima in downlink  $\eta_{DL, \max}$  nello stato di funzionamento normale:

$$C_{res} = \left[ \eta_{DL, \max} - \sum_{i=1}^{N_{RT}} \frac{1}{1 + \frac{W}{R_{i,k} \gamma}} \left( (1 - \overline{\alpha}) + \overline{f} \right) \right]$$

Per ogni nuovo utente che richiede un servizio a pacchetto viene allocato un rispettivo buffer per la trasmissione a pacchetto, a livello RLC. Il modulo PS agisce sulla base delle caratteristiche del buffer di ciascun utente.

Si assume che la funzione AC permetta l'ingresso nel sistema degli utenti a pacchetto di tipo interattivo o background valutando esclusivamente

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

che questi possano trasmettere al rate minimo previsto da set dei formati di trasporto (8 Kbit/s) e non considerando, invece, il rate di picco negoziato con la rete. Non è infatti necessario sbarrare l'ingresso al sistema a tali utenti; sarà il modulo PS ad assicurare che questi trasmettano senza congestionare l'interfaccia radio, controllando e settando di volta in volta il rate della connessione dedicata, in modo da non superare i limiti imposti dalle caratteristiche della trasmissione sulla tratta di downlink elencati in precedenza.

A questo punto, impostando il valore di capacità limite, ossia di capacità residua che la stazione base può offrire, in base ai parametri elencati all'inizio del paragrafo, è possibile conoscere qual è la porzione di risorsa che può essere allocata per gli utenti a pacchetto.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUX  
s.r.l.

Nell'assegnazione delle risorse, una prima distinzione fatta dal modulo PS - come criterio di priorità di primo livello o implicita - è quella tra:

- utenti in tempo reale (RT): richiedono servizi di tipo conversazionale o streaming (servizi o utenti "a pacchetto RT");

- utenti non in tempo reale (NRT): richiedono servizi di tipo interactive o background (servizi o utenti "a pacchetto NRT").

Con riferimento alla figura 2, si può notare che il modulo PS cerca di adattare la trasmissione di utenti a pacchetto alle variazioni dinamiche della capacità residua disponibile.

Ovviamente questo può avvenire con una temporizzazione discreta. I calcoli vengono ripetuti ad ogni passo, detto  $T_{\text{sched}}$  che rappresenta il tempo che trascorre tra un'applicazione della procedura e la successiva. Si suppone quindi, con una ragionevole approssimazione se si sceglie un valore corretto per il parametro  $T_{\text{sched}}$ , che il carico RT non vari tra un passo ed il successivo. Più piccolo sarà  $T_{\text{sched}}$ , più dinamica ed adattiva sarà l'applicazione dello scheduling al sistema.

Il calcolo delle priorità, che consiste nello scegliere l'ordine con cui verranno visitate le code che contengono i pacchetti utente, si basa essenzialmente su tre criteri:

- a) un criterio di priorità di primo livello, legato, così come già si è visto, all'appartenenza alle classi "pacchetto RT" o "pacchetto NRT": si tratta dunque di una priorità implicita, legata alla natura dell'informazione veicolata dai pacchetti;

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.



- b) due criteri di priorità di secondo livello, riconducibili alla dinamica di funzionamento del sistema, legati rispettivamente:

- b1) all'occupazione dei buffer di livello RLC, e

- b2) alle condizioni di propagazione del canale.

I criteri sopra esposti sono applicati osservando dapprima l'appartenenza alle due classi di servizio.

Nell'esempio di attuazione dell'invenzione al momento preferito, si distingue poi tra coloro che appartengono alla stessa classe di servizio secondo la maggiore occupazione dei buffer, ossia facendo sì che, tra gli utenti con stessa priorità di primo livello, venga scelto o estratto l'utente che ha occupazione dei buffer più elevata.

A parità di occupazione di buffer viene poi estratto, in vista della trasmissione, l'utente che dimostra migliori condizioni di propagazione del canale.

Naturalmente, almeno in particolari condizioni di impiego, i criteri di priorità di secondo livello descritti in precedenza possono essere applicati in modo complementare, ossia scambiandoli fra loro.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUX  
s.r.l.

In tal caso, sempre osservando in primo luogo l'appartenenza alle due classi di servizio, si distingue tra coloro che appartengono alla stessa classe di servizio secondo le condizioni di propagazione del canale. Tra gli utenti con stessa priorità di primo livello, viene dunque scelto o estratto l'utente che dimostra migliori condizioni di propagazione del canale.

A parità di condizioni di propagazione del canale viene poi estratto, in vista della trasmissione, l'utente che ha maggiore occupazione del buffer.

L'occupazione del buffer a livello RLC può essere facilmente determinata valutando, ad esempio, il numero di byte presenti nel buffer.

Le condizioni di propagazione sul canale possono essere invece determinate in termini di rapporto segnale/interferenza (SIR) ad esempio in funzione parte di una grandezza ( $SIR_{Error}$ ) definita quale differenza tra il valore misurato ( $SIR_{measured}$ ) ed il valore obiettivo ( $SIR_{target}$ ) del rapporto segnale/interferenza.

La figura 3 riporta un esempio di come viene calcolato l'ordine di visita delle code.

Una volta garantito che venga sfruttata al meglio la capacità residua in modo da allocare tutta

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUXX  
s.r.l.

la potenza disponibile alla stazione base e stabilito l'ordine con cui verranno visitate le code che ottengono i pacchetti dati, la procedura deve applicare la sua politica di allocazione delle risorse, ossia deve decidere come ripartire la capacità a disposizione in maniera ottimizzata, massimizzando il throughput complessivo e minimizzando il delay relativo agli utenti.

Nella pratica, dopo aver svolto i suoi calcoli su come suddividere agli utenti dati la capacità, il modulo di packet scheduling calcola il massimo formato di trasporto TF impiegabile per il particolare utente e lo comunica mediante il transport format set o TFS al livello MAC, che userà tale informazione nella selezione del formato di trasporto ad ogni TTI. Inoltre, qualora ciò si renda necessario, è possibile congelare la trasmissione o riattivarla mediante la procedura di suspend e resume, rispettivamente.

La procedura cerca di assegnare all'utente a maggiore priorità il formato di trasporto corrispondente al rate di picco negoziato. Se non riesce nell'intento, prova ad allocare il formato immediatamente inferiore, continuando a tentativi fino a che il rate allocato non rientra nella quantità di capacità a disposizione.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OULEX  
s.r.l.

Nella maggior parte dei casi, può verificarsi che, dopo aver permesso la trasmissione al rate massimo all'utente a maggiore priorità, ci sia ancora a disposizione della capacità nella cella. Poiché il compito primario del modulo PS è quello di ottimizzare la trasmissione dati, evitando che venga sprecata della capacità si ripete quanto fatto per l'utente a più alta priorità, per l'utente a priorità subito inferiore, fino all'esaurimento delle risorse o degli utenti attivi.

In figura 4 è riportato il diagramma che descrive gli stati che caratterizzano la trasmissione in downlink verso un terminale mobile.

La stazione base - relativamente alla connessione dati di quel dato terminale mobile - si trova in stato di Idle (100) finché il buffer relativo comincia a riempirsi di pacchetti.

Il cambio di stato, da "Idle" a "Dati da Trasmettere" (102) avviene quando si verifica che occorre mettere in piedi un canale radio per quell'utente visto che il buffer ha cominciato a riempirsi di pacchetti. E' importante che il sistema reagisca repentinamente ai cambiamenti che intercorrono, in modo che non si accumuli eccessivo ritardo nel buffer.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OULX  
s.r.l.



La permanenza in questo stato è legata alle disponibilità di risorse. Ad ogni passo di scheduling viene valutato se è possibile assegnare al mobile in questione un canale dati; se la capacità a disposizione della cella è sufficiente, viene instaurato un Radio Access Bearer (RAB), viene dunque creato un link radio tra la BS ed il mobile e la Trasmissione Dati può cominciare. Si permane in questo stato (104) finché ci sono risorse da allocare al mobile.

Quando non ci sono più risorse disponibili, la procedura non ordina l'abbattimento del link radio ma invoca una procedura prevista dallo standard: CRLC-Suspend (Control RLC).

Il mobile si troverà allora in uno stato di suspend (106): minimizzerà quindi l'occupazione delle risorse dell'interfaccia radio, minimizzando in modo corrispondente l'interferenza, ma la sua connessione rimarrà in piedi dal livello RLC in su.

Nello stato di suspend l'entità RLC non invia più al livello MAC sottostante - né riceve in senso contrario - PDU (Protocol Data Unit) con numero di sequenza superiore a quello indicato dalla primitiva di suspend. Una volta richiamata la primitiva di resume, il livello RLC ricomincerà a trasmettere PDU dal punto in cui aveva sospeso.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.



Il modulo TCTS monitora il buffer di trasmissione di ciascun singolo collegamento a pacchetto per capire se il tipo di canale di trasporto allocato a supportare un certo servizio è quello giusto o no.

In generale, un servizio a pacchetto può essere supportato su:

- un canale comune (Random Access Channel o RACH ovvero Forward Access Channel o FACH), quando il servizio richiede la trasmissione di pacchetti piccoli e con bassa frequenza (un tipico esempio è rappresentato dalla trasmissione di messaggi SMS); oppure

- un canale dedicato (Dedicated channel o DCH) quando le esigenze di servizio in termini di bit-rate minimo richiesto sono elevate: ad esempio questo è il caso di servizi di browsing su rete veloce e dei servizi in tempo reale.

Può succedere che durante il funzionamento normale della rete sussista l'esigenza di adattare dinamicamente le caratteristiche di trasmissione ai cambiamenti imposti modificando ad esempio il tipo di canale di trasporto utilizzato.

Cause suscettibili di determinare una tale commutazione del tipo di canale sono, ad esempio:

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OULX  
s.r.l.

- la rinegoziazione del servizio tanto uplink quanto downlink,

- il modulo di controllo della congestione CC ordina la commutazione di tutti i servizi best-effort da canale dedicato a canale comune per risolvere una situazione di congestione, e

- particolari condizioni di propagazione.

La rinegoziazione del servizio è il tipico caso in cui è richiesta una commutazione del tipo di canale di trasporto.

Ad esempio, si suppone che un utente richieda un servizio di browsing su rete veloce e poi durante il normale funzionamento continui la sua sessione inviando semplicemente messaggi SMS. In questo caso, le esigenze in termini di bit-rate sul canale radio risultano sostanzialmente ridotte così da imporre la commutazione del canale di trasporto.

Per verificare quando insorge una tale situazione, i buffer di trasmissione tanto uplink quanto downlink sono monitorati in funzione di specifiche soglie applicate a tali buffer.

Quando il volume di traffico cresce raggiungendo una certa soglia T1 si determina un evento (4A) che viene riportato all'RNC servente.

Se un evento di questo tipo, rappresentato schematicamente nella figura 5, emerge a livello

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUX  
s.r.l.

uplink o a livello downlink è possibile ordinare una commutazione da canale comune a canale dedicato.

Se, al contrario, il volume di traffico scende al disotto di una soglia di riferimento T2, si realizza un evento 4B che viene anch'esso riportato all'RNC servente.

Questa situazione è rappresentata nella figura 6. Se tale evento si determina o a livello uplink o a livello downlink, si può produrre una commutazione da canale dedicato a canale comune.

Naturalmente, quando si determina una commutazione da canale comune a canale dedicato è richiesta una nuova fase di accesso e la allocazione del canale dedicato.

Il comportamento in questo caso corrisponde a quello tipico del modulo di controllo dell'accesso AC e del modulo di gestione del Radio Access Bearer o RABM. Si ha quindi una stretta dipendenza dallo stato e dal carico della rete.

Nella soluzione qui illustrata, è previsto che il livello di soglia che determina la commutazione da canale comune a canale dedicato e/o viceversa possa essere variata nel tempo. Questo fatto è evidenziato nelle figure 5 e 6, dove sono stati rappresentati livelli di soglia T1 e T2 diversi fra loro.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUX  
s.r.l.



La variazione del livello di soglia in questione può avvenire in funzione di parametri di traffico quali, ad esempio, lo stato della rete (normale - condizioni di allerta) o le condizioni del canale.

Ad esempio, quando il carico (nello stato di funzionamento normale) è ridotto, è possibile incoraggiare l'uso del canale dedicato (DCH), garantendo una migliore prestazione dal punto di vista della qualità di servizio dal momento che non insorgono situazioni critiche dal punto di vista dell'interferenza.

Al contrario, quando la rete opera nello stato di funzionamento di allerta, la soglia viene posta dinamicamente in modo da rendere più difficile la commutazione verso il canale dedicato. Alla fine, quando la rete si trova ad operare nello stato quasi di congestione la soglia viene ulteriormente modificata in modo praticamente da proibire la commutazione verso il canale dedicato.

In modo particolarmente preferito, è possibile operare in modo che la commutazione dal canale dedicato al canale comune intervenga anche quando le condizioni di propagazione sono molto cattive, così da poter ridurre il bit-rate, ad esempio al disotto di 16Kbps.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OULX  
s.r.l.

In questo modo è possibile ridurre un collegamento quando si manifesta l'evento indicato con 4A o l'evento indicato con 4B ovvero quando si manifesta il raggiungimento di una soglia (suscettibile di essere fissata dall'operatore) indicativa della cattiva qualità del link radio.

A tale scopo si può ad esempio utilizzare la grandezza ( $SIR\_Error$ ) definita quale differenza tra il valore misurato ( $SIR_{measured}$ ) (ed il valore obiettivo ( $SIR_{target}$ ) del rapporto segnale/interferenza o SIR.

Naturalmente, fermo restando il principio dell'invenzione, i particolari di realizzazione e le forme di attuazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto descritto ed illustrato, senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione. In tale prospettiva, si rammenta ancora una volta il fatto che, anche se per semplicità di illustrazione nella presente descrizione si è fatto pressoché costante riferimento alla possibile applicazione dell'invenzione ad un contesto UMTS, la portata dell'invenzione è affatto generale e dunque non limitata a tale specifico contesto applicativo.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OULX  
s.r.l.

## RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per gestire la trasmissione di pacchetti di informazione su canali di una rete di telecomunicazioni, caratterizzato dal fatto che comprende le operazioni di:

- organizzare detti pacchetti in code di utente ricevute in rispettivi buffer, rilevando il livello di occupazione di detti buffer,

- ordinare detti utenti in rispettive classi (RT, NRT) identificate dalle modalità di servizio richieste da detti utenti,

- rilevare le condizioni di propagazione sul canale di trasmissione rispettivamente associato a detti utenti, e

- determinare la priorità nella trasmissione di detti pacchetti, scegliendo l'ordine con cui vengono visitate dette rispettive code in funzione di:

- una priorità di primo livello, legata all'appartenenza di detti utenti a dette rispettive classi (RT, NRT),

- una priorità di secondo livello, legata ad almeno un parametro scelto fra il livello di occupazione del rispettivo buffer e le condizioni di propagazione di detto rispettivo canale.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che tra gli utenti con

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OULX  
s.r.l.

stessa priorità di primo livello, viene scelto l'utente che ha occupazione di buffer più elevata.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che, a parità di occupazione di buffer, viene scelto l'utente che dimostra migliori condizioni di propagazione del canale.

4. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che tra gli utenti con stessa priorità di primo livello, viene scelto l'utente che dimostra migliori condizioni di propagazione del canale.

5. Procedimento secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che, a parità di condizioni di propagazione del canale occupazione di buffer, viene scelto l'utente che ha occupazione di buffer più elevata.

6. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazione 1 a 5, caratterizzato dal fatto che comprende l'operazione di ripartire detti utenti in:

- almeno una prima classe (RT), cui sono ascritti utenti che richiedono servizi di tipo conversazionale o streaming, e

- almeno una seconda classe (NRT), cui vengono ascritti utenti che richiedono servizi di tipo interactive o background.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'IOULX  
s.r.l.



7. Procedimento secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che comprende l'operazione di:

- determinare la capacità di trasmissione disponibile per la trasmissione di detti pacchetti, identificando un valore di rate di trasmissione di picco negoziato,

- cercare di assegnare all'utente a maggiore priorità il formato di trasporto corrispondente a detto rate di picco, trasmettendo i relativi pacchetti in coda in caso di esito positivo di detta assegnazione,

- in caso di esito negativo di detta assegnazione, cercare di allocare a detto utente con maggiore priorità il formato di trasporto immediatamente inferiore, detti tentativi con formato inferiore essendo continuati sino a quando il rate allocato rientra nella capacità a disposizione.

8. Procedimento secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che comprende, dopo aver trasmesso i pacchetti di informazione associati a detto utente con maggior priorità, l'operazione di rilevare la eventuale disponibilità di capacità di trasmissione residua e l'operazione di ripetere quanto fatto per detto utente a maggiore priorità,

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.



per l'utente con priorità immediatamente inferiore, fino all'esaurimento di dette risorse di trasmissione o degli utenti attivi.

9. Procedimento secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, applicato ad una rete di trasmissione organizzata in rispettive celle in cui dette risorse di trasmissione risultano condivise con servizi in tempo reale cui è riconosciuta priorità massima, caratterizzato dal fatto che comprende l'operazione di stimare la capacità residua della rispettiva cella lasciata libera da detti servizi in tempo reale a disposizione per la trasmissione di detti pacchetti di informazione.

10. Procedimento secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che comprende una funzione di controllo dell'accesso (AC) configurata per permettere l'ingresso nel sistema agli utenti con pacchetti di informazione da trasmettere; l'accesso essendo condotto, per almeno alcuni (NRT) di detti utenti valutando esclusivamente la possibilità per detti utenti di trasmettere i loro pacchetti di informazione con il rate minimo previsto dall'insieme dei formati di trasporto della rete.

11. Procedimento secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 10, caratterizzato dal fatto che è

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

prevista una funzione di schedulazione dei pacchetti (PS) configurata per verificare che almeno alcuni (NRT) di detti detti utenti trasmettano senza congestionare l'interfaccia radio, controllando e settando di volta in volta il rate della rispettiva connessione dedicata in modo da non superare un limite dato imposto dalle caratteristiche di detta rete.

12. Procedimento secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che comprende l'operazione di organizzare la trasmissione di detti pacchetti di informazione tramite una macchina a stati che ammette:

- un primo stato (102) corrispondente al riconoscimento del fatto che sono presenti pacchetti di informazione in almeno uno di detti rispettivi buffer,

- un secondo stato (104) corrispondente alla trasmissione di detti pacchetti di informazione tramite corrispondenti risorse di trasmissione, e

- uno stato di sospensione (106) corrispondente al riconoscimento della indisponibilità di risorse per la trasmissione di detti pacchetti di informazione con la conservazione di detto canale di trasmissione, detta macchina a stati essendo suscettibile di evolvere nuovamente da detto terzo

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

stato (106) a detto secondo stato (104) senza abbattimento di detto canale di trasmissione, al ritorno della disponibilità di dette risorse di trasmissione.

13. Procedimento per la gestione della trasmissione di pacchetti di informazione su una rete di comunicazione organizzata in celle, in cui detti pacchetti di informazione possono essere selettivamente trasmessi, nell'ambito di dette celle, tanto su un canale comune (RACH/FACH) quanto su un canale dedicato (DCH), comprendente le operazioni di:

- trasmettere i pacchetti di informazione di un determinato utente su detto canale comune (RACH/FACH) o su un rispettivo canale dedicato (DCH) in funzione di un relativo volume di traffico,

- definire almeno una soglia (T1, T2) di livello di traffico, determinando la commutazione della trasmissione dei pacchetti di informazione di detto determinato utente su detto canale dedicato (DCH) a partire da detto canale comune (RACH/FACH) quando il relativo livello di traffico cresce raggiungendo detta almeno una soglia (T1, T2) e determinare la commutazione della trasmissione dei pacchetti di informazione di detto determinato utente su detto canale comune (RACH/FACH) a partire da detto canale

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OULX  
s.r.l.



dedicato (DCH) quando detto rispettivo volume di traffico scende raggiungendo detta almeno una soglia (T1, T2), caratterizzato dal fatto che comprende l'operazione di variare selettivamente il livello di detta almeno una soglia (T1, T2).

14. Procedimento secondo la rivendicazione 13, caratterizzato dal fatto che comprende l'operazione di ridurre detta almeno una soglia in condizioni di carico ridotto così da favorire l'utilizzazione di detto canale dedicato (DCH) così da garantire una migliore qualità di servizio.

15. Procedimento secondo la rivendicazione 13 o la rivendicazione 14, caratterizzato dal fatto che comprende l'operazione di innalzare detta almeno una soglia; rendendo più difficile la commutazione verso detto canale dedicato (DCH) a partire da detto canale comune (RACH/FACH), in condizioni di funzionamento di allerta di detta rete.

16. Procedimento secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni 13 a 15, caratterizzato dal fatto che comprende l'operazione di rilevare uno stato di prossima congestione di detta rete e l'operazione di inibire la commutazione verso detto canale dedicato (DCH) a partire da detto canale comune (RACH/FACH) in dette condizioni di quasi congestione.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUX  
s.r.l.

17. Procedimento secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni 13 a 16, caratterizzato dal fatto che comprende l'operazione di rilevare le condizioni di propagazione sul canale di trasmissione rispettivamente associato a detto almeno un utente quale canale dedicato (DCH) e l'operazione determinare la commutazione della trasmissione dei pacchetti di informazione di detto determinato utente su detto canale comune (RACH/FACH) a partire da detto canale dedicato (DCH) in presenza di degradazione di dette condizioni di propagazione al di sotto di un valore di soglia.

18. Procedimento secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto che detta commutazione su detto canale comune (RACH/FACH) a partire da detto canale dedicato (DCH) è determinata in funzione del del rapporto segnale/interferenza (SIR).

19. Procedimento secondo la rivendicazione 18, caratterizzato dal fatto che detta commutazione su detto canale comune (RACH/FACH) a partire da detto canale dedicato (DCH) è determinata quando la differenza fra il valore misurato ( $SIR_{\text{measured}}$ ) ed il valore obiettivo ( $SIR_{\text{target}}$ ) del rapporto segnale/interferenza (SIR) raggiunge un valore di soglia (a) selettivamente determinato.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUXX  
s.r.l.

20. Sistema per gestire la trasmissione di pacchetti di informazione su canali di una rete di telecomunicazioni, caratterizzato dal fatto che comprende le operazioni di:

- una pluralità di rispettivi buffer configurati per ricevere detti pacchetti in code di utente; detti utenti essendo ordinati in rispettive classi (RT, NRT) identificate dalle modalità di servizio richieste da detti utenti,

- moduli rilevatori (CM, DM) suscettibili di rilevare le condizioni di propagazione sul canale di trasmissione rispettivamente associato a detti utenti, e

- un modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) configurato per determinare la priorità nella trasmissione di detti pacchetti, scegliendo l'ordine con cui vengono visitate dette rispettive code in funzione di:

- una priorità di primo livello, legata all'appartenenza di detti utenti a dette rispettive classi (RT, NRT),

- una priorità di secondo livello, legata ad almeno un parametro scelto fra il livello di occupazione del rispettivo buffer e le condizioni di propagazione di detto rispettivo canale.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUX  
s.r.l.

21. Sistema secondo la rivendicazione 20, caratterizzato dal fatto che detto modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è configurato per scegliere, tra gli utenti con stessa priorità di primo livello, l'utente che ha occupazione di buffer più elevata.

22. Sistema secondo la rivendicazione 21, caratterizzato dal fatto che detto modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è configurato per scegliere, a parità di occupazione di buffer, l'utente che dimostra migliori condizioni di propagazione del canale.

23. Sistema secondo la rivendicazione 20, caratterizzato dal fatto che detto modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è configurato per scegliere, tra gli utenti con stessa priorità di primo livello, l'utente che dimostra migliori condizioni di propagazione del canale.

24. Sistema secondo la rivendicazione 23, caratterizzato dal fatto che detto modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è configurato per scegliere, a parità di condizioni di propagazione del canale occupazione di buffer, l'utente che ha occupazione di buffer più elevata.

25. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazione 20 a 24, caratterizzato dal fatto che

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUX  
s.r.l.



detto modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è configurato per:

- determinare la capacità di trasmissione disponibile per la trasmissione di detti pacchetti, identificando un valore di rate di trasmissione di picco negoziato,

- cercare di assegnare all'utente a maggiore priorità il formato di trasporto corrispondente a detto rate di picco, trasmettendo i relativi pacchetti in coda in caso di esito positivo di detta assegnazione,

- in caso di esito negativo di detta assegnazione, cercare di allocare a detto utente con maggiore priorità il formato di trasporto immediatamente inferiore, detti tentativi con formato inferiore essendo continuati sino a quando il rate allocato rientra nella capacità a disposizione.

26. Procedimento secondo la rivendicazione 25, caratterizzato dal fatto che detto modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è configurato per rilevare, dopo aver trasmesso i pacchetti di informazione associati a detto utente con maggior priorità, la eventuale disponibilità di capacità di trasmissione residua e l'operazione di ripetere quanto fatto per detto utente a maggiore

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUX  
s.r.l.



priorità, per l'utente con priorità immediatamente inferiore, fino all'esaurimento di dette risorse di trasmissione o degli utenti attivi.

27. Sistema secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni 20 a 26, associato ad una rete di trasmissione organizzata in rispettive celle in cui dette risorse di trasmissione risultano condivise con servizi in tempo reale cui è riconosciuta priorità massima, caratterizzato dal fatto che detto modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è configurato per stimare la capacità residua della rispettiva cella lasciata libera da detti servizi in tempo reale a disposizione per la trasmissione di detti pacchetti di informazione.

28. Sistema secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni 20 a 27, caratterizzato dal fatto che comprende un modulo di controllo dell'accesso (AC) configurato per permettere l'ingresso nel sistema agli utenti con pacchetti di informazione da trasmettere; l'accesso essendo condotto, per almeno alcuni (NRT) di detti utenti valutando esclusivamente la possibilità per detti utenti di trasmettere i loro pacchetti di informazione con il rate minimo previsto dall'insieme dei formati di trasporto della rete.

BUZZI, NGIARO &  
ANTONIELLI D'IOULX  
s.r.l.

29. Sistema secondo la rivendicazione 20 o la rivendicazione 28, caratterizzato dal fatto che è detto modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è configurato per per verificare che almeno alcuni (NRT) di detti detti utenti trasmettano senza congestionare l'interfaccia radio, controllando e settando di volta in volta il rate della rispettiva connessione dedicata in modo da non superare un limite dato imposto dalle caratteristiche di detta rete.

30. Sistema secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni 20 a 29, caratterizzato dal fatto che comprende una macchina a stati che ammette:

- un primo stato (102) corrispondente al riconoscimento del fatto che sono presenti pacchetti di informazione in almeno uno di detti rispettivi buffer,

- un secondo stato (104) corrispondente alla trasmissione di detti pacchetti di informazione tramite corrispondenti risorse di trasmissione, e

- uno stato di sospensione (106) corrispondente al riconoscimento della indisponibilità di risorse per la trasmissione di detti pacchetti di informazione con la conservazione di detto canale di trasmissione, detta macchina a stati essendo

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUXX  
s.r.l.

suscettibile di evolvere nuovamente da detto terzo stato (106) a detto secondo stato (104) senza abbattimento di detto canale di trasmissione, al ritorno della disponibilità di dette risorse di trasmissione.

31. Sistema per la gestione della trasmissione di pacchetti di informazione su una rete di comunicazione organizzata in celle, in cui detti pacchetti di informazione possono essere selettivamente trasmessi, nell'ambito di dette celle, tanto su un canale comune (RACH/FACH) quanto su un canale dedicato (DCH), comprendente un modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è configurato per:

- trasmettere i pacchetti di informazione di un determinato utente su detto canale comune (RACH/FACH) o su un rispettivo canale dedicato (DCH) in funzione di un relativo volume di traffico,

- definire almeno una soglia (T1, T2) di livello di traffico, determinando la commutazione della trasmissione dei pacchetti di informazione di detto determinato utente su detto canale dedicato (DCH) a partire da detto canale comune (RACH/FACH) quando il relativo livello di traffico cresce raggiungendo detta almeno una soglia (T1, T2) e determinare la commutazione della trasmissione dei pacchetti di

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OULX  
s.r.l.



informazione di detto determinato utente su detto canale comune (RACH/FACH) a partire da detto canale dedicato (DCH) quando detto rispettivo volume di traffico scende raggiungendo detta almeno una soglia (T1, T2), caratterizzato dal fatto che detto modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è configurato per variare selettivamente il livello di detta almeno una soglia (T1, T2).

32. Sistema secondo la rivendicazione 31, caratterizzato dal fatto che detto modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è configurato per ridurre detta almeno una soglia in condizioni di carico ridotto così da favorire l'utilizzazione di detto canale dedicato (DCH) così da garantire una migliore qualità di servizio.

33. Sistema secondo la rivendicazione 31 o la rivendicazione 32, caratterizzato dal fatto che detto modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è configurato per innalzare detta almeno una soglia, rendendo più difficile la commutazione verso detto canale dedicato (DCH) a partire da detto canale comune (RACH/FACH) in condizioni di funzionamento di allerta di detta rete.

34. Procedimento secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni 31 a 33, caratterizzato

BUZZI, NGIARO &  
ANTONIELLI D'OULX  
s.r.l.

dal fatto che detto modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è reso sensibile ad uno stato di prossima congestione di detta rete ed è configurato per inibire la commutazione verso detto canale dedicato (DCH) a partire da detto canale comune (RACH/FACH), in dette condizioni di quasi congestione.

35. Sistema secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni 31 a 34, caratterizzato dal fatto che comprende almeno un modulo rilevatore (CM, DM) suscettibile di rilevare le condizioni di propagazione sul canale di trasmissione rispettivamente associato a detto almeno un utente quale canale dedicato (DCH) e detto modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è configurato per determinare la commutazione della trasmissione dei pacchetti di informazione di detto determinato utente su detto canale comune (RACH/FACH) a partire da detto canale dedicato (DCH) in presenza di degradazione di dette condizioni di propagazione al di sotto di un valore di soglia.

36. Sistema secondo la rivendicazione 35, caratterizzato dal fatto che detto modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è configurato per determinare detta commutazione su detto canale comune (RACH/FACH) a partire da detto

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OLIX  
s.r.l.

canale dedicato (DCH) è determinata in funzione del del rapporto segnale/interferenza (SIR) rilevato da detto almeno un modulo rilevatore.

37. Sistema secondo la rivendicazione 36, caratterizzato dal fatto che detto modulo di gestione della schedulazione dei pacchetti (PS) è configurato per determinare detta commutazione su detto canale comune (RACH/FACH) a partire da detto canale dedicato (DCH) quando la differenza fra il valore misurato ( $SIR_{\text{measured}}$ ) ed il valore obiettivo ( $SIR_{\text{target}}$ ) del rapporto segnale/interferenza (SIR) raggiunge un valore di soglia (a) selettivamente determinato.

38. Prodotto informatico direttamente caricabile nella memoria di un elaboratore digitale e comprendente porzioni di codice software per attuare le fasi del procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 19 quando il prodotto informatico è eseguito su un elaboratore digitale.

Ing. Luciano BOSOTTI  
N. Verz. ALBO 260  
(in proprio e per gli altri)



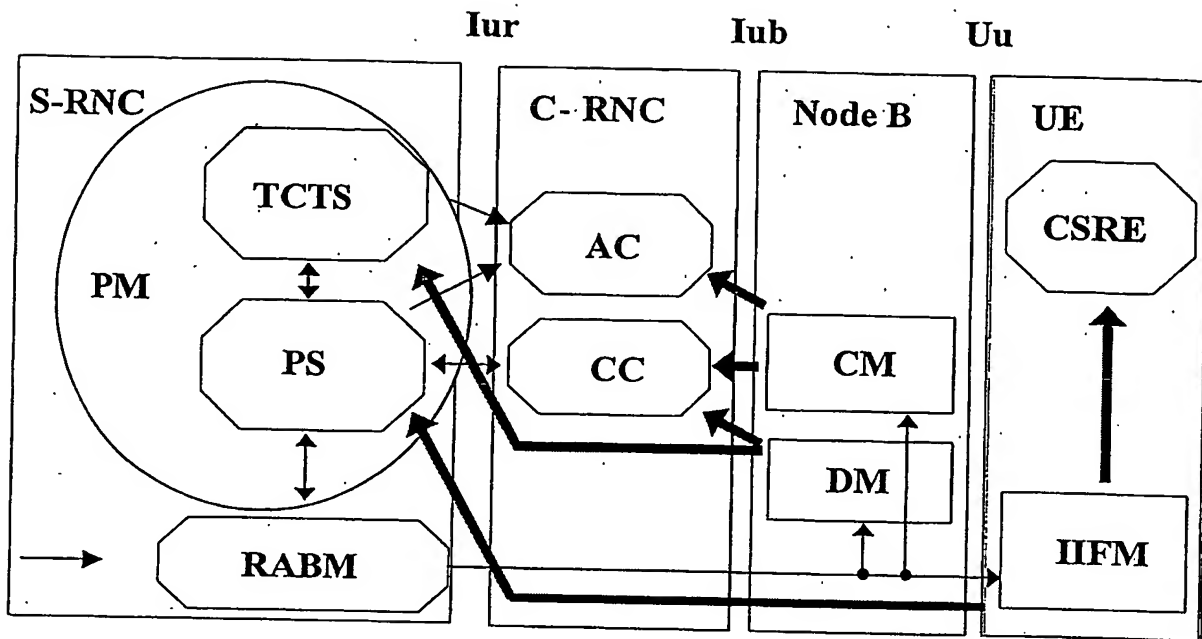


Fig. 1

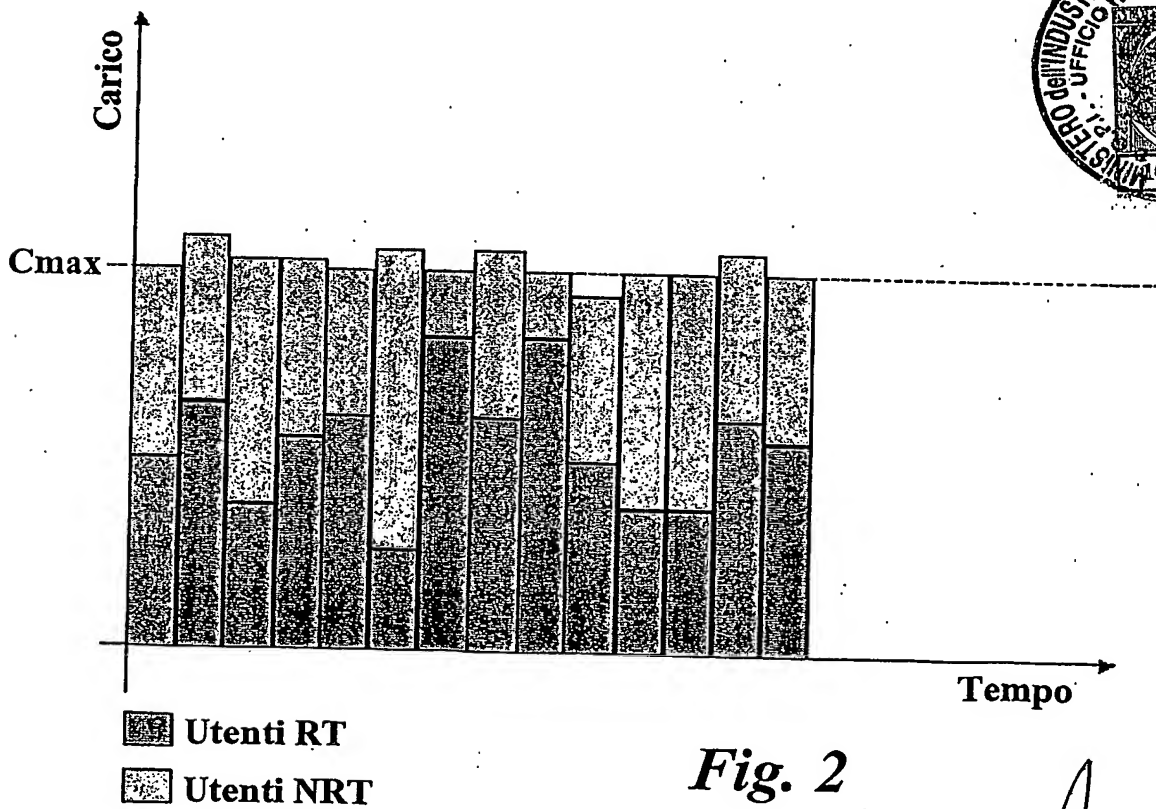


Fig. 2



*[Signature]*  
P.C.I.A.A.  
Torino

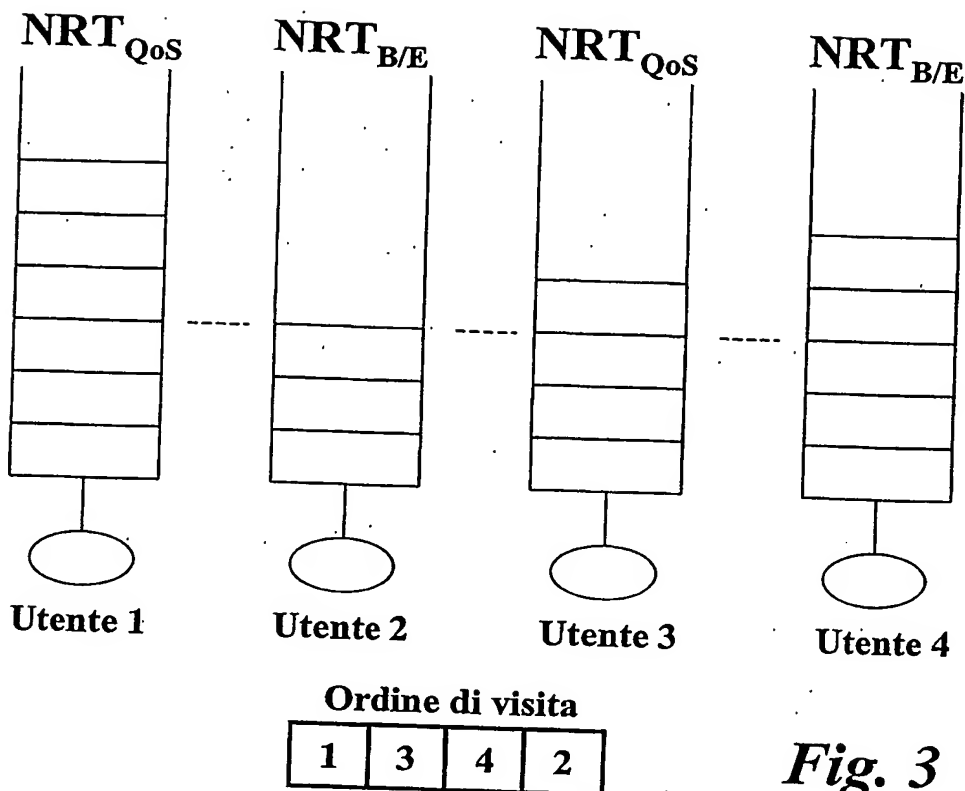


Fig. 3

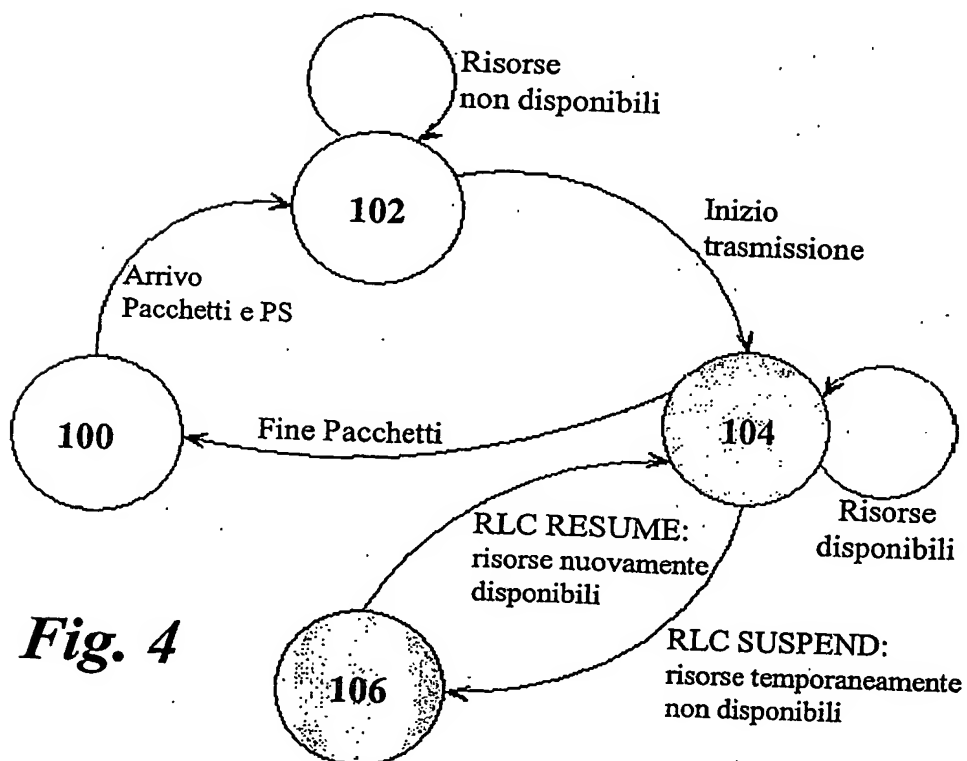
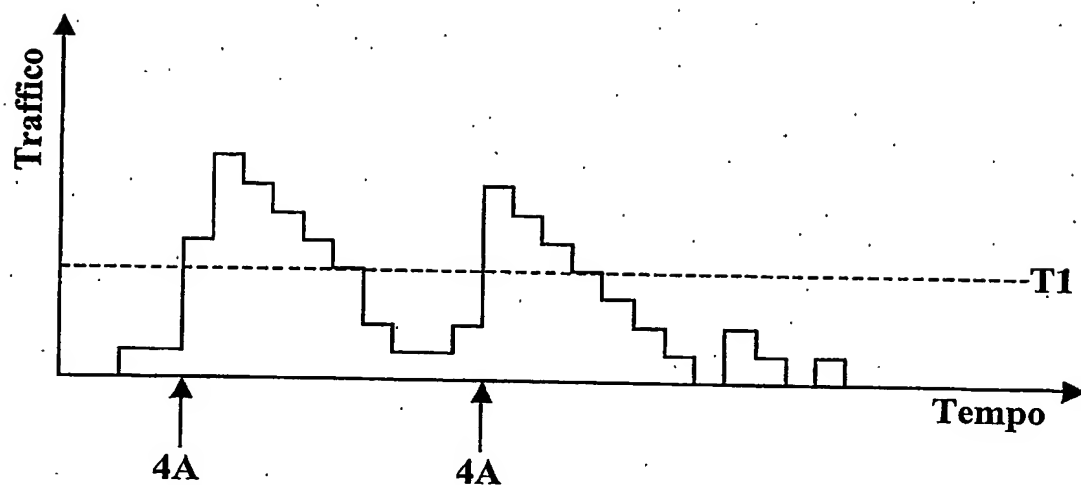
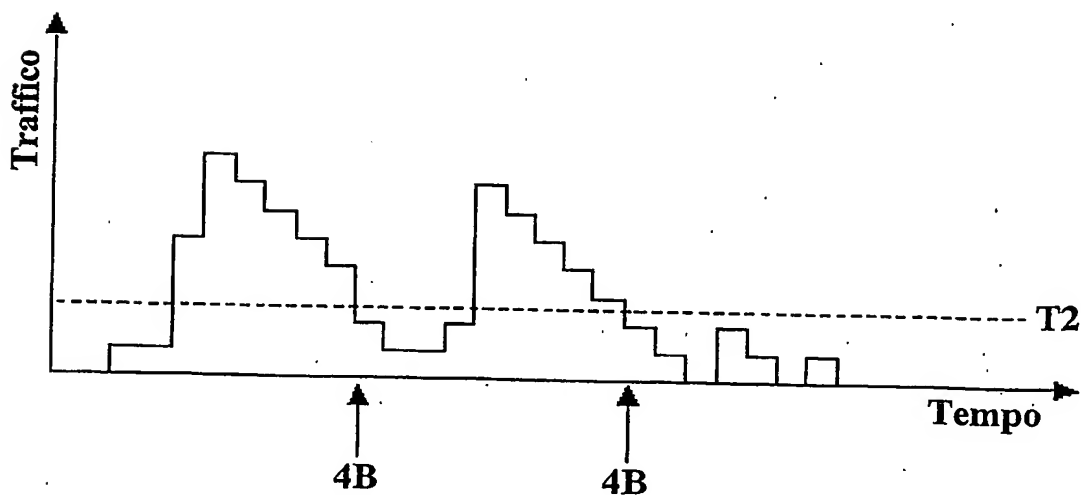


Fig. 4





*Fig. 5**Fig. 6*

C.C.I.A.A.  
Torino

ing. Luciano BOSOTTI  
N. iscriz. ALBO 260  
(in proprio e per gli altri)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**